

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6593804号
(P6593804)

(45) 発行日 令和1年10月23日(2019.10.23)

(24) 登録日 令和1年10月4日(2019.10.4)

(51) Int.Cl. F 1
GO 1 L 3/16 (2006.01) GO 1 L 3/16 D

請求項の数 5 (全 10 頁)

| | | | |
|-----------|-------------------------------|-----------|---------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2017-48859 (P2017-48859) | (73) 特許権者 | 390023308 |
| (22) 出願日 | 平成29年3月14日 (2017.3.14) | | 日章電機株式会社 |
| (65) 公開番号 | 特開2018-151312 (P2018-151312A) | | 東京都大田区矢口1丁目25番15号 |
| (43) 公開日 | 平成30年9月27日 (2018.9.27) | (74) 代理人 | 100069556 |
| 審査請求日 | 平成30年11月20日 (2018.11.20) | | 弁理士 江崎 光史 |
| | | (74) 代理人 | 100111486 |
| | | | 弁理士 鍛冶澤 實 |
| | | (74) 代理人 | 100173521 |
| | | | 弁理士 篠原 淳司 |
| | | (74) 代理人 | 100191835 |
| | | | 弁理士 中村 真介 |
| | | (74) 代理人 | 100208258 |
| | | | 弁理士 鈴木 友子 |
| | | (72) 発明者 | 東島 哲二 |
| | | | 神奈川県川崎市中原区井田2-33-39 |
| | | | 最終頁に続く |

(54) 【発明の名称】 回転翼のトルク・回転数特性を計測する方法および装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

タービンの回転翼に流体の流れを模擬的に与えるためのタービンの模擬走行装置と、前記タービンの回転軸に接続された制動モータと、前記回転軸の回転数およびトルクを測定する回転検出器およびトルク検出器とを用いて、前記回転翼のトルク・回転数特性を計測する方法において、

前記トルク検出器として、固定側のフランジ(2)と測定側のフランジ(1)との間に歪ゲージを貼付した複数のビーム(5)を接続してなる多分力検出器(31)を用い、前記多分力検出器の固定側のフランジ(2)を系外の支持ベースに接続し、また、前記多分力検出器の測定側のフランジ(1)を前記制動モータ(32)の固定子と接続し、さらに、前記制動モータ(32)の回転子を、前記トルク検出器内を貫通し前記タービンの回転軸(41)に接続された回転シャフト(45)に接続し、

トルク・回転数特性を測定する際に、前記模擬走行装置によりタービンの回転翼に流体の流れを与えて回転数を段階的に変化させ、前記回転翼が発生するトルクを前記制動モータ(32)で吸収し、その時の前記発生トルクを前記多分力検出器(31)で各段階毎に計測するようにし、さらに、回転数の増大に伴って減少する前記発生トルクの計測値が零となった時点の回転数を最大回転数(トルク零)として求められるようにし、前記複数の計測値に基づいて、内挿法により回転翼のトルク・回転数特性全体を計測することを特徴とする方法。

【請求項2】

10

20

請求項 1 に記載の回転翼のトルク・回転数特性を計測する方法を実施するための装置であって、タービンの模擬走行装置と、前記タービンの回転軸に接続された制動モータと、前記回転軸の回転数およびトルクを測定する回転検出器およびトルク検出器とを備え、前記トルク検出器として、固定側のフランジ(2)と測定側のフランジ(1)との間に歪ゲージを貼付した複数のビームを接続してなる多分力検出器(31)を用い、前記多分力検出器の固定側のフランジ(2)を系外の支持ベースに接続してなり、また、前記多分力検出器の測定側のフランジ(1)を前記制動モータ(32)の固定子と接続してなり、さらに、前記制動モータ(32)の回転子を、前記トルク検出器内を貫通し前記タービンの回転軸(41)に接続された回転シャフト(45)に接続してなることを特徴とする装置。

【請求項 3】

10

請求項 2 に記載の装置において、前記多分力検出器(31)の測定側のフランジ(1)は、計測側ハウジング(43)を介して前記制動モータ(32)の固定子と接続してなり、前記計測側ハウジング(43)の内側を前記回転シャフト(45)が貫通して前記制動モータ(32)の回転子と接続してなり、前記計測側ハウジング(43)と回転シャフト(45)との間には、複数のベアリング(51, 52)とオイルシール(54)とを備えることを特徴とする装置。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の装置において、前記計測側ハウジング(43)を介して前記制動モータ(32)の固定子と接続された前記多分力検出器(31)は、信号出力用コネクタ(60)を備えた中空円筒状のケース(44)に収容され、前記多分力検出器(31)の固定側のフランジ(2)は、ベースフランジ(42)を介して前記系外の支持ベースに接続され、前記計測側ハウジング(43)と前記ケース(44)の間および前記計測側ハウジング(43)と前記ベースフランジ(42)の間には、ゴム板シール部(53)を備えることを特徴とする装置。

20

【請求項 5】

請求項 2 ないし 4 のいずれか 1 項に記載の装置において、前記タービンは、潮流発電用タービン、河川流発電用タービンおよび風力タービンの内のいずれか一つのタービンであることを特徴とする装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

この発明は、潮流発電用タービン、河川流発電用タービンおよび風力タービン等の回転翼が回転時に発生するトルクと回転数との関係、即ち、回転翼のトルク・回転数特性を計測する方法および装置に関する。

【背景技術】

【0002】

現在、風力発電用タービンや潮流あるいは河川流発電用タービン等は、自然エネルギーの積極的活用の観点から種々の改善がなされている(特許文献 1 および 2 参照)。これらのタービンの回転翼の性能を調査するに当たって、回転翼のトルク・回転数特性を測定することは重要な事項である。

40

【0003】

特許文献 1 には回転軸と平行に複数個の回転翼が配設された縦軸風車の改良発明が記載されている。特許文献 2 には回転軸の半径方向に複数個の回転翼が配設された潮流発電用タービンや河川流発電用タービン等のシール装置の改良発明が記載されている。

【0004】

一方、回転体のトルク測定に関し発電ブレーキを使用することが知られている。特許文献 3 は、被測定回転電動機の回転動作により他の回転電動機を従動させ、発電運転(発電機と同等)をすることで、負荷トルクを与える発電ブレーキを開示する。前記発電ブレーキにおいては、発電運転により生成される電力を電気抵抗によって熱エネルギーとして消費し、制動力を得て負荷トルクを発生させている。

50

【 0 0 0 5 】

上記トルク測定は一般に、回転軸のねじれトルクを歪ゲージを用いて測定する構成を備えたトルク検出器により行われる。一方、回転数の測定は一般に、発電ブレーキに設けられたエンコーダにより行われる。勿論、他の公知の計測器が使用される場合もある。

【 0 0 0 6 】

なお、高精度のトルク測定装置としては、本願出願人が提案して実用新案出願公告された多分力検出用トランスジューサ（多分力検出器）が公知である（特許文献 4 参照）。

【 0 0 0 7 】

図 3（a）～（c）は、それぞれ、特許文献 4 に開示された第 1 図～第 3 図を示す。特許文献 4 に開示された多分力検出用トランスジューサは、試験体に全ての自由度の 6 分力が作用している場合において、所定の分力 F_x , F_y , M_z を他の分力から分離して干渉なく高精度をもって検出することを目的としたもので下記のような構成（図 3 参照）を備える。

【 0 0 0 8 】

即ち、前記多分力検出用トランスジューサは、図 3 に示すように測定側のフランジ 1 と、固定側のフランジ 2 とを弾性的に接続固定する 4 本のビーム 3～6 の所要部に所定方向の分力に対して夫々バネ定数の異なる切欠部 7 を形設すると共に、前記ビーム 3～6 の両端に夫々一對の歪ゲージ 8～23 を貼付して、該歪ゲージ 8～23 により所定の分力を検出対象とするブリッジ回路を構成したことを特徴とする。

【 0 0 0 9 】

次に、図 6 に基づいて、代表的に、回転軸と平行に複数個の回転翼が配設された潮流発電用タービンを対象とした従来の回転翼のトルク・回転数特性を測定する方法とその問題点について述べる。

【 0 0 1 0 】

図 6 は、従来のトルク・回転数特性の測定方法を説明するための概念図である。図 6 において、30 はタービンであって、4 個のブレード（回転翼）29 が、タービンの回転軸 41 と平行に配設されており、水面 L の下方において水の流れ F を受けて回転するように構成されている。トルク・回転数特性を測定するには模擬走行装置を用い、タービンを水面下で走行させることにより潮流を模擬して回転翼に回転力を生じさせる。

【 0 0 1 1 】

回転翼で発生したトルクは、トルク検出器 31a を介して発電機を模擬する直流制動モータ 32a に伝達され、発電運転により生成される電力を電気抵抗によって熱エネルギーとして消費し、制動力を得て負荷トルクを発生させる。この場合、直流制動モータ 32a のステータ（固定子）は、通常、系外支持台 25 に接続固定され、前記発生トルクはトルク検出器 31a で測定される。トルク検出器 31a としては、前述の多分力検出器を適用することもできる。回転数の測定は、直流制動モータ 32a に設けられたエンコーダにより行われる。そして、前記模擬走行装置で、流れの強さを可変とすることにより複数点におけるトルクと回転数の関係を測定し、これらのデータに基づいて、例えば、コンピューターを用いて、測定点以外のトルクと回転数の関係を内挿し、いわゆる内挿法に基づいて特性カーブ全体を得る。

【 0 0 1 2 】

ところで、前記直流制動モータは交流制動モータとすることもできる。この場合、通常、回路をシンプルに、フェイルセーフとするために、交流を一旦直流にし、インバータ又は PWM（パルス幅変調）に変換、交流駆動とする。

【 0 0 1 3 】

次に、従来のトルク・回転数特性の測定方法の問題点について図 5 に基づいて述べる。図 5 は、従来の回転翼のトルク・回転数特性の測定を説明するための概念図であり、横軸が回転数 N 、縦軸がトルク T である。図 5 に示すトルク・回転数特性において、回転数 N_x 時のトルク T_x は、回転翼の真の発生トルクを測定することが要請されるが、実際の測定においては、回転軸に種々の摩擦トルクが作用するので、その分、トルクが低い値とな

10

20

30

40

50

り誤差となる。その要因は、下記のようなものである。即ち、図6に示す直流制動モータ32aのロータの回転軸や、トルク検出器31aの回転軸は軸受を備える。また、タービンを水面下で走行させるために上方に飛来する水の侵入を防止するため、トルク検出器31aは防水用のオイルシールを備える。上記軸受やオイルシールと回転軸との間で発生する摩擦トルクが前記測定誤差の要因となる。なお、摩擦トルクは、一般に、回転数によっても変化する。

そのため、回転翼の真の発生トルクを測定するためには、予め、摩擦トルクと回転数との関係を求めておき、トルクの計測値から摩擦トルクを差し引くことにより、真のトルクを求めるようにする場合もある。

上記以外に、トルク・回転数特性の測定上、下記のような問題もある。図5の右下部において、S1とS2とを結ぶ破線で示すトルク・回転数特性部分に関してである。S2はトルク0で回転数Nが最大の点であり、S1は、回転翼の真の発生トルクと摩擦トルクとが一致した点である。発生トルクがS1より下方の場合には、摩擦トルクが発生トルクを超えるためにトルクの符号が変わる。そのため、S1とS2とを結ぶ破線部分の特性(代表点S)は計測不可能となる。回転翼の特性全体を知る上では、この部分も計測できることが望まれる。

【0014】

上記のように、従来のトルク・回転数特性の計測方法においては、回転翼の真の発生トルクが直接的に計測不可能であり測定精度が悪いことや、発生トルクが小さい領域での測定が不可能である等の問題があった。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0015】

【特許文献1】特開2006-118384号公報

【特許文献2】国際公開WO2014/084257 A1

【特許文献3】特開2016-23997号公報

【特許文献4】実用新案出願公告公報 昭54-21021

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0016】

この発明は、上記のような問題点に鑑みてなされたもので、この発明の課題は、回転翼の真の発生トルクを直接的に精度よく計測でき、また、発生トルクが小さい領域での計測も可能とした、回転翼のトルク・回転数特性を計測する方法および装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0017】

前述の課題を解決するために、この発明の回転翼のトルク・回転数特性を計測する方法は下記のようなものとする。

即ち、タービンの回転翼に流体の流れを模擬的に与えるためのタービンの模擬走行装置と、前記タービンの回転軸に接続された制動モータと、前記回転軸の回転数およびトルクを測定する回転検出器およびトルク検出器とを用いて、前記回転翼のトルク・回転数特性を計測する方法において、前記トルク検出器として、固定側のフランジと測定側のフランジとの間に歪ゲージを貼付した複数のビームを接続してなる多分力検出器を用い、前記多分力検出器の固定側のフランジを系外の支持ベースに接続し、また、前記多分力検出器の測定側のフランジを前記制動モータの固定子と接続し、さらに、前記制動モータの回転子を、前記トルク検出器内を貫通し前記タービンの回転軸に接続された回転シャフトに接続し、トルク・回転数特性を測定する際に、前記模擬走行装置によりタービンの回転翼に流体の流れを与えて回転数を段階的に変化させ、前記回転翼が発生するトルクを前記制動モータで吸収し、その時の前記発生トルクを前記多分力検出器で前記各段階毎に計測するようにし、さらに、回転数の増大に伴って減少する前記発生トルクの計測値が零となった時

10

20

30

40

50

点の回転数を、最大回転数（トルク零）の値となるようにし、前記複数の計測値に基づいて、内挿法により回転翼のトルク・回転数特性全体を計測することを特徴とする。

【0018】

上記計測方法によれば、従来の計測方法の場合に測定誤差の要因となっていた摩擦トルクが、回転翼の内力としてトルク検出器である多分力検出器の測定側のフランジに作用するので、摩擦トルクが相殺された回転翼の真のトルクが直接的に計測でき、真のトルクと回転数との関係が高精度で計測できる。また、回転数の増加に伴って発生トルクが減少し、計測トルクの符号が逆転するが、発生トルク零の点に基づき、直接的に、最大回転数が計測できるので、従来計測不可能だった発生トルクが小さい領域を含めて、トルク・回転数特性全体が直接的かつ精度良く計測可能となる。

10

【0019】

さらに、前記発明を実施するための装置としては、下記の構成が好ましい。即ち、タービンの模擬走行装置と、前記タービンの回転軸に接続された制動モータと、前記回転軸の回転数およびトルクを測定する回転検出器およびトルク検出器とを備え、前記トルク検出器として、固定側のフランジと測定側のフランジとの間に歪ゲージを貼付した複数のビームを接続してなる多分力検出器を用い、前記多分力検出器の固定側のフランジを系外の支持ベースに接続してなり、また、前記多分力検出器の測定側のフランジを前記制動モータの固定子と接続してなり、さらに、前記制動モータの回転子を、前記トルク検出器内を貫通し前記タービンの回転軸に接続された回転シャフトに接続してなることを特徴とする。なお、前記多分力検出器としては、トルクのみを計測するにはトルク（ M_z ）検出器のみ

20

【0020】

また、前記発明の装置としては、前記多分力検出器の測定側のフランジは、計測側ハウジングを介して前記制動モータの固定子と接続してなり、前記計測側ハウジングの内側を前記回転シャフトが貫通して前記制動モータの回転子と接続してなり、前記計測側ハウジングと回転シャフトとの間には、複数のベアリングとオイルシールとを備えることが好ましい。

【0021】

上記構成により、軸の摩擦トルクを低減すると共に、タービンを水面下で走行させるために上方に飛来する水の、トルク検出器内への侵入を防止することができる。

30

【0022】

さらに、前記発明の装置としては、前記計測側ハウジングを介して前記制動モータの固定子と接続された前記多分力検出器は、信号出力用コネクタを備えた中空円筒状のケースに収容され、前記多分力検出器の固定側のフランジは、ベースフランジを介して前記系外の支持ベースに接続され、前記計測側ハウジングと前記ケースとの間および前記計測側ハウジングと前記ベースフランジとの間には、ゴム板シール部を備えることが好ましい。

【0023】

上記ゴム板シール部を備える構成により、上方に飛来する水のトルク検出器内への侵入を防止できると共に、前記制動モータの固定子に生じる制動力が、多分力検出器の固定側のフランジに作用することを防止することができる。

40

【0024】

また、上記発明の装置において、前記タービンは、潮流発電用タービン、河川流発電用タービンおよび風力タービンの内のいずれか一つのタービンとすることができる。

【発明の効果】

【0025】

この発明によれば、潮流発電用タービン、河川流発電用タービンおよび風力タービン等の回転翼のトルク・回転数特性を計測する方法および装置において、軸受やオイルシールと回転軸との間で発生する摩擦トルクに基づく測定誤差をなくして、回転翼の真の発生トルクを直接的に精度よく計測可能とし、また、発生トルクが小さい領域での計測も可能と

50

することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 6 】

【図 1】本発明に係り、多分力検出器を用いたトルク検出器と直流制動モータとを接続した装置の一例の拡大部分断面図。

【図 2】本発明に係り、潮流発電用タービンと、多分力検出器を用いたトルク検出器（3分力計）と、直流制動モータとを接続した装置の一例を示す概念図。

【図 3】特許文献 4 の第 1 図～第 3 図に開示された多分力検出器の構成を示す図。

【図 4】本発明に係り、回転翼のトルク・回転数特性の測定を説明するための概念図。

【図 5】従来の回転翼のトルク・回転数特性の測定を説明するための概念図。

【図 6】従来のトルク・回転数特性の測定方法を説明するための概念図

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 7 】

図 1～図 4 に基づき、本発明の回転翼のトルク・回転数特性を計測する方法および装置の実施の形態について以下に述べる。

図 2 は、本発明の実施形態に係り、潮流発電用タービンと、多分力検出器を用いたトルク検出器（3分力計）と、制動モータとを接続した装置の一例を示す概念図であって、図 1 は図 2 における多分力検出器を用いたトルク検出器と制動モータとを接続した装置の一例の拡大部分断面図である。なお、図 1 において、前記図 2 および 3 に記載された部材と同一機能を有する部材には同一符号を付して、詳細説明を省略する。

【 0 0 2 8 】

図 1 および図 2 に示す本発明の装置の実施の形態によれば、その基本的構成は下記のとおりである。即ち、図示しないタービンの模擬走行装置と、タービンの回転軸（41）に接続された制動モータ（32）と、前記回転軸の回転数およびトルクを測定する回転検出器（図示しない）およびトルク検出器とを備え、前記トルク検出器として、固定側のフランジ（2）と測定側のフランジ（1）との間に歪ゲージを貼付した複数のビームを接続してなる多分力検出器（3分力計）（31）を用い、前記多分力検出器の固定側のフランジ（2）を、図示しない系外の支持ベースに接続してなり、また、前記多分力検出器の測定側のフランジ（1）を前記制動モータ（32）の固定子と、固定子接続フランジ（34）を介して接続してなり、さらに、前記制動モータ（32）の回転子を、前記トルク検出器内を貫通し前記タービンの回転軸（41）に接続された回転シャフト（45）に、図示しない接続用カップリングを介して接続してなる。

【 0 0 2 9 】

また、前記多分力検出器（31）の測定側のフランジ（1）は、計測側ハウジング（43）を介して前記制動モータ（32）の固定子と接続してなり、前記計測側ハウジング（43）の内側を前記回転シャフト（45）が貫通して前記制動モータ（32）の回転子と接続してなり、前記計測側ハウジング（43）と回転シャフト（45）の間には、複数のベアリング（51, 52）とオイルシール（54）とを備える。

【 0 0 3 0 】

さらに、前記計測側ハウジング（43）を介して前記制動モータ（32）の固定子と接続された前記多分力検出器（31）は、信号出力用コネクタ（60）を備えた中空円筒状のケース（44）に収容され、前記多分力検出器（31）の固定側のフランジ（2）は、ベースフランジ（42）を介して図示しない前記系外の支持ベースに接続され、前記計測側ハウジング（43）と前記ケース（44）の間および前記計測側ハウジング（43）と前記ベースフランジ（42）の間には、ゴム板シール部（53）を備える。

【 0 0 3 1 】

前記装置を用いて回転翼のトルク・回転数特性を計測する方法としては、トルク・回転数特性を測定する際に、前記模擬走行装置によりタービンの回転翼に流体の流れを与えて回転数を段階的に変化させ、前記回転翼が発生するトルクを前記制動モータ（32）で吸収し、その時の前記発生トルクを前記多分力検出器（31）で各段階毎に計測するように

し、さらに、回転数の増大に伴って減少する前記発生トルクの計測値が零となった時点の回転数を最大回転数（トルク零）として求められるようにし、前記複数の計測値に基づいて、内挿法により回転翼のトルク・回転数特性全体を計測する。

【0032】

上記計測方法に関し、さらに具体的に、前述した図4、即ち、本発明に係る回転翼のトルク・回転数特性の測定を説明するための概念図を用いて以下に説明する。図4は図5と同様に、横軸が回転数 N 、縦軸がトルク T であり、 $T-N$ 曲線上の、1, 2, Xはそれぞれ或る測定点を示し、各測定点に対応するトルク T および回転数 N を、それぞれサフィックス1, 2, Xを付した T および N で示す。測定点の数は、内挿法により回転翼のトルク・回転数特性全体を計測するのに必要な数とする。

10

【0033】

図4と図5との大きな相違点は、図5の場合、トルク0で回転数 N が最大の点である S_2 点よりも回転数の大きいトルク領域を示している点である。回転数を増加させていくと生じるトルクは、 S_2 点で計測トルク値の符号が逆転する。トルク値の符号が正側を G_T で示す実線で表し、トルク値の符号が負側を M_T で示す一点鎖線で表す。トルクが零となる S_2 の点は、制動モータが発電機（ G ）からモータ（ M ）の機能に変わる点であり、タービンの回転翼の回転数に着目して換言すれば、所謂、回転翼の遊転回転数に相応する。

【0034】

従来の計測方法では、この遊転回転数を正確に計測不可能であったが、本発明によれば、トルク検出器の出力は摩擦トルクの影響を受けないので、遊転回転数を正確にまたは内挿法により求めることができる。

20

【0035】

上記のように、本願発明によれば、回転翼の真の発生トルクを直接的に精度よく計測でき、また、発生トルクが小さい領域での計測も可能となる。

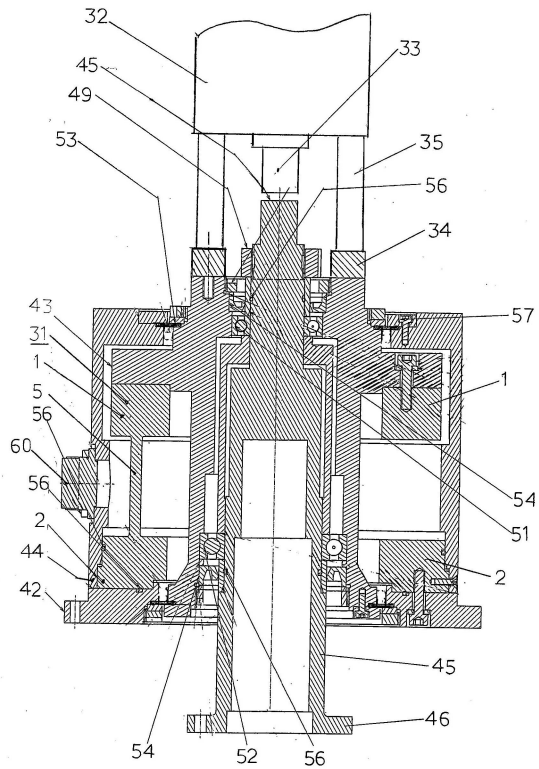
【符号の説明】

【0036】

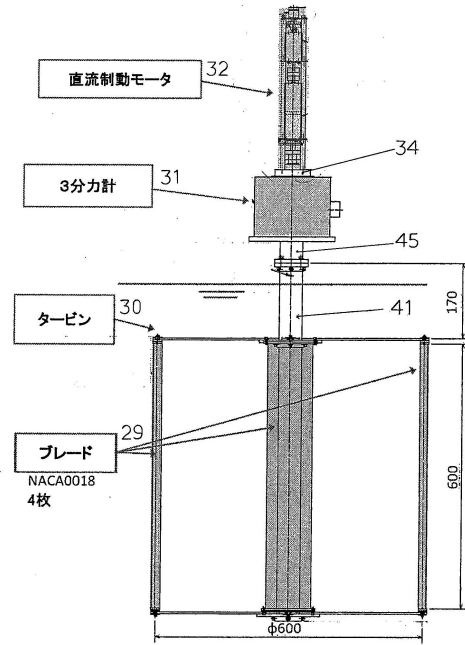
1：測定側のフランジ、2：固定側のフランジ、5：ビーム、29：ブレード（回転翼）、30：タービン、31：多分力検出器（3分力計）、32：制動モータ、34：制動モータの固定子接続フランジ、35：フランジの支持柱、41：タービンの回転軸、42：ベースフランジ、43：計測側ハウジング、44：ケース、45：回転シャフト、46：回転シャフトのフランジ、49：シャフトナット、51, 52：ベアリング、53：ゴム板シール部、54：オイルシール、56：Oリング、57：六角穴付ボルト、60：信号出力用コネクタ。

30

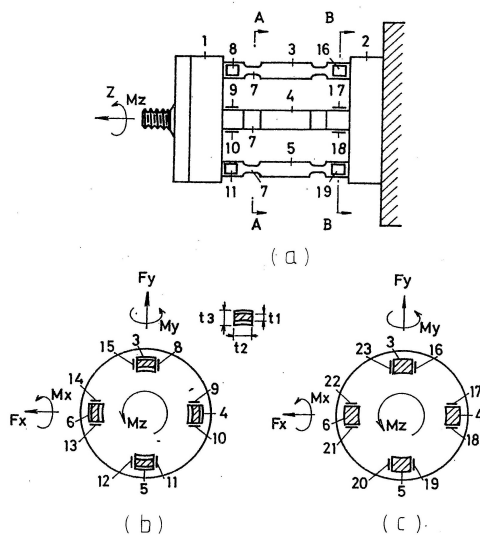
【図 1】



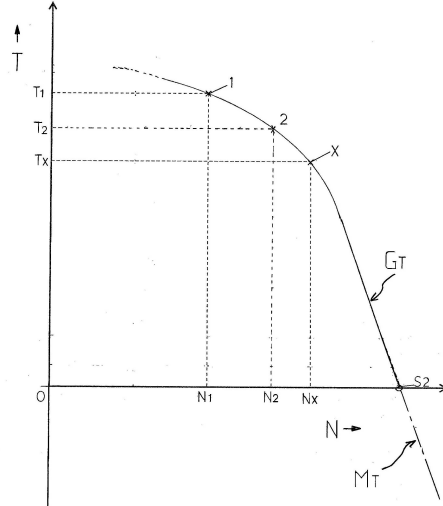
【図 2】



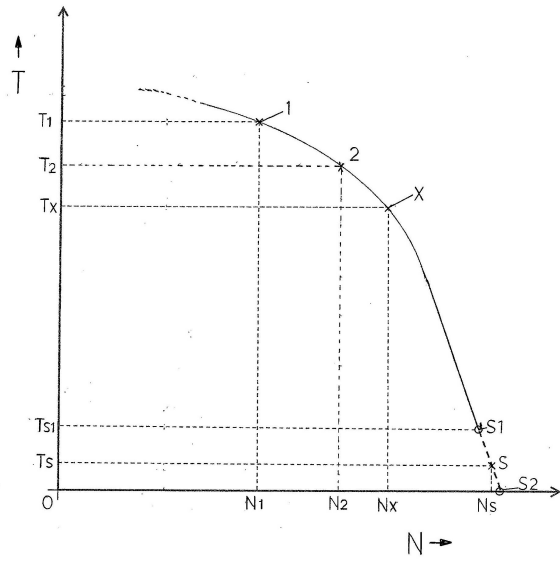
【図 3】



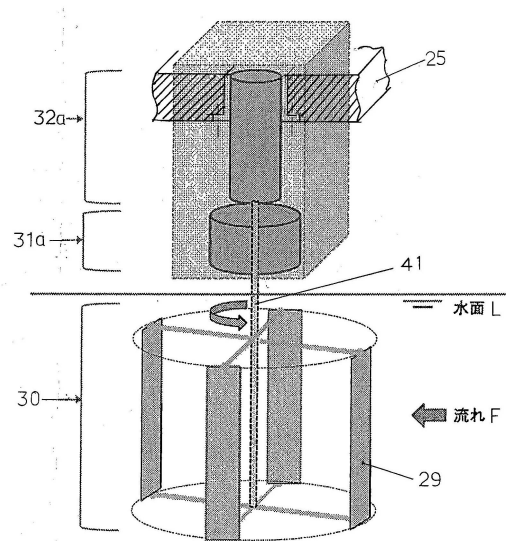
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

(72)発明者 東島 鎮 かく
東京都大田区下丸子2 - 13 - 1 - 511

審査官 森 雅之

(56)参考文献 特許第4907073(JP, B2)
特許第6168615(JP, B2)
特許第6225081(JP, B2)
実公昭54 - 21021(JP, Y2)
特開平11 - 108778(JP, A)
特許第3074279(JP, B2)
特公昭48 - 5517(JP, B1)
実公昭49 - 24451(JP, Y1)
米国特許第4196337(US, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01L